

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ З НЕСУЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ

Актуальність роботи полягає у вирішенні важливої народногосподарської проблеми проектування та будівництва каркасних будинків із залізобетонних рам змінного перерізу у напрямку зниження енергетичних витрат на експлуатацію і витрат матеріалів за рахунок створення економічних каркасів маломатеріаломістких будівель, в розробці ефективних рішень і методів розрахунку каркасних будівель з тришарнірних залізобетонних рам для будівництва сільськогосподарських промислових будинків, зальних приміщень сільських громадських будівель і споруд аеродромів сільгоспавіації.

Метою роботи є експериментальне дослідження, теоретичне узагальнення, розвиток теорії розрахунку за міцністю, стійкістю, деформаціями і тріщиностійкістю та конструювання ефективних залізобетонних рамних каркасів маломатеріаломістких будівель змінного перерізу.

Результати досліджень реалізовано в нормативних документах, в технічних умовах, в методичних рекомендаціях, каталогах в системі колишніх Укрміжколгоспбуду, Мінсільбуду, МЦА СРСР, а також опублікованих в 3 монографіях, в 17 авторських свідоцтвах на нові конструкції рам, покриття, фундаментів, в 78 статтях, матеріали яких отримали упровадження в практику проектування інститутів Укрколгосппроект, УкрНДІДіпросільгосп, УкрНДЦивільсільбуд, Аеропроект та інших організацій.

У відповідності до плану упровадження нової техніки Укрміжколгоспбуду, Мінсільбуду України *побудована 9,85 млн. м² промислових будівель в рамних конструкціях*. Використання результатів досліджень дало можливість отримати наступний *фактичний економічний ефект.: економія металу -13,6 тис. т.; економія цементу -66,2 тис. т.; скорочення трудовитрат -148,1 тис. люд.-днів; від використання результатів роботи у проектуванні - 0,412 млн. грн., у будівництві - 2,910 млн. грн., в 5 нормативних документах*.

Перший розділ присвячено огляду та аналізу досягнень напрямкам розвитку теоретичних методик розрахунку та конструюванню будівель із залізобетонним рамним каркасом. Визначені основні тенденції у використанні залізобетонних каркасів будівель різного призначення, проаналізовано основні підходи щодо їх ефективного проектування, виготовлення та використання.

Аналіз розглянутих конструктивних рішень показав, що рамні залізобетонні конструкції у нашій країні і за кордоном широко застосовують при будівництві промислових, виробничих та громадських споруд. Усього було проаналізовано 5 закордонних конструкцій рам; 47 конструкцій рам країн СНД; 15 винаходів (за період 1988-2008рр) з Білорусі, Росії, України, Казахстану, колишньому СРСР.

Каркасні споруди з тришарнірних рам відрізняються застосовуваними прольотами, поздовжніми кроками рам, висотами стояків, нахилами ригелів, армуванням, класом бетону та іншими показниками, що не відповідає вимогам єдиної модульної системи та уніфікації габаритних схем сільськогосподарських споруд.

Найбільш економічними за витратами бетону та сталі порівняно з конструкціями стояково-балкової системи є залізобетонні тришарнірні рами таврового перерізу прольотом 18 та 21м. Таврова форма поперечного перерізу ригелів і стояків є найбільш економічною за матеріаломісткістю у порівнянні з прямокутним перерізом.

У другому розділі наведено теоретичне обґрунтування основних принципів проектування малоенергоміських будівель із ефективними залізобетонними рамними каркасами.

Аналіз статичної схеми рамного каркасу будинку дозволив зробити вибір і обґрунтування переваги тришарнірної рами у порівнянні з безшарнірною, одно і двошарнірною рамами. Тришарнірні рами менш чутливі до нерівномірних осідань, їх можна заздалегідь виготовляти з двоходнакових частин і монтувати простим з'єднанням в шарнірах. При шарнірному з'єднанні

можлива незалежна типізація ригелів та стояків. Проведений вибір і обґрунтування об'ємно-планувальних і конструктивних рішень рамних каркасів будинків показує, що найменш матеріаломісткими і найбільш ефективними конструкціями є залізобетонні рами прольотами 18м і 21м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 і 3,6м.

Досліджено вплив кута нахилу ригеля рами на витрати сталі і бетону з урахуванням огорожувальних конструкцій. Встановлено, що на витрати матеріалів конструкцій каркаса впливають дві протилежні тенденції. З одного боку збільшення кута нахилу зменшує розрахунковий згинальний момент в карнизному вузлі і збільшує розрахункову довжину стояка рами, а з іншого боку із зростанням кута нахилу збільшується довжина ригеля та площа покриття.

Прийняті величини прольотів каркасів будівель: 12, 18 і 21м підтверджується досвідом масового проектування і будівництва каркасних будівель для сільського господарства. Нахил ригеля піврам прийнятий 0,25 або 1:4, що передбачає просте в улаштуванні і надійне в експлуатації вентилязоване покриття з використанням азбестоцементних листів.

Обґрунтування розрахункових схем навантажень і удосконалення методики розрахунку тришарнірних рам для каркасних будинків за міцністю, жорсткістю, тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної і фізичної нелінійності проведено за програмою ПК ЛІРА. При чисельному дослідженні ураховано нелінійні залежності між напруженнями і деформаціями, зумовленими зміною форми конструкції (геометрична нелінійність) і явищами пластичності, повзучості і усадки (фізична нелінійність).

Рами розраховували на такі навантаження: постійне, тимчасове, тривале, короточасне снігове, вітрове. Зусилля в перерізах рам визначали окремо на такі види навантажень: на постійне навантаження; на тимчасове тривале навантаження і снігове в двох варіантах: сніг на лівій піврамі або на правій (зусилля від симетричного завантаження снігом визначали як суму цих зусиль); на власну вагу рами; на вітрове навантаження у двох варіантах-вітер зліва і справа.

Розрахункова довжина ригеля і стояка рам визначається з урахуванням опорних і гребеневих шарнірів, змінною висотою перерізу по довжині елементів рами, наявності сухого стику спряження ригеля зі стояком тощо. До впливу прогину позацентрово стиснутих елементів ураховано ексцентриситет із коефіцієнтом η відповідно до деформованої схеми конструкції.

З метою вибору ефективного варіанту перерізу конструкції рами проведено порівняльний аналіз епюр моментів 3 варіантів перерізів рам (рис.1).

Порівняння максимальних значень моментів, поперечних і поздовжніх сил у тавровому перерізі рами свідчить, що відповідно по M_y на 25.7%, по Q_z на 24.3%, по N на 38.97% менші максимальних зусиль для прямокутного перерізу. Таким чином, найбільш ефективним варіантом є тавровий переріз, усі величини зусиль якого значно відрізняються від максимально отриманих.

Зроблена оцінка впливу осідання фундаментів стояків на напружено деформований стан двопрольотної рами (рис.2). Встановлено, що осідання фундаментів стояків двопрольотної рами на 10мм впливає на напружено-деформований стан M_y , N , Q_z у межах 3%.

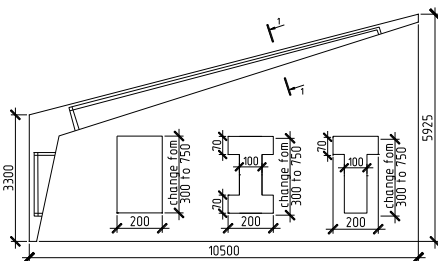


Рис.1. Залізобетонна піврама з різними типами перерізів

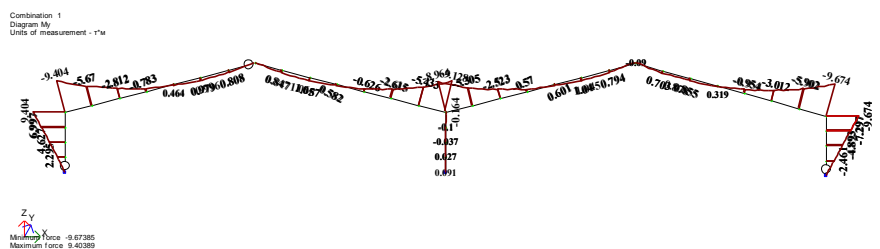


Рис.2. Епюра згинальних моментів M_y

Для дослідження впливу розміщення по висоті стягтя на напружено-деформований стан рами використовували залізобетонну раму з прольотом 21м та змінним по висоті тавровим перерізом. За напружено-деформованим станом проаналізовані зусилля в тришарнірної та одношарнірної рамах. Розглянуто п'ять варіантів: рама без стягтя та чотири варіанти встановлення стягтя по висоті, а саме на відмітках +0.000, +1.650, +3.300, та 4.150 (рис.3).

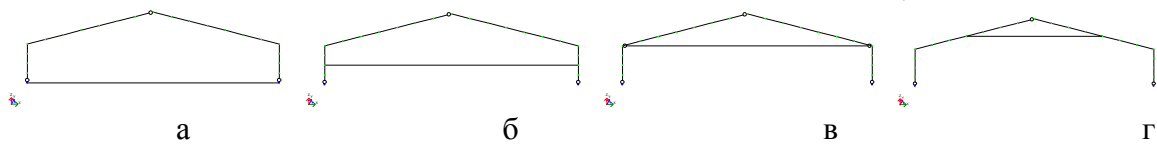


Рис.3. Розташування стягтів по висоті рами: а – стягтя на рівні +0.000;
б – стягтя на рівні +1.650; в – стягтя на рівні +3.300; г – стягтя на рівні +4.150

Найменші поздовжня сила N , момент M , та поперечна сила Q_z виникає, коли стягелі на рівні +3.300 з трьома шарнірами, що відповідно на 44.5%, на 46.5%, на 41.5% менше ніж максимально отриманих. Отже стягелі на рівні +3.300 в рамах з трьома шарнірами найменше впливає на напружено-деформований стан рами.

Встановлено, що при випробуванні рам з висотою стояків 5,1 і 5,7м характер їх роботи має особливості, які пов'язані з їх підвищеною деформативністю. При розрахунковому навантаженні для прольотів півригеля 10,5 і 9м вертикальні переміщення гребеневого вузла становлять 260-320мм, а переміщення стояка по горизонталі в гребеновому вузлі-60-90мм. В результаті значних переміщень змінюється розрахункова схема рами і збільшуються діючі зусилля (M, N, Q), особливо згинаючий момент, який зростає від 5 до 30% по довжині ригеля і стояка.

Таким чином, переміщення рам із збільшеною висотою стояків впливає на несучу здатність конструкцій. Розрахунок таких рам потрібно проводити за деформованою схемою з урахуванням геометричної нелінійності елемента та фізичної нелінійності роботи бетону.

Аналіз напружено-деформованого стану рами показав, що у вузлі спряження ригеля зі стояком сумісно діють максимальний згинаючий момент, поздовжня і поперечна сили, а сам вузол працює як позацентрично стиснутий елемент з великим ексцентриситетом. Міцність вузла характеризується досягненням розрахункового опору розтягнутої арматури (рис.4). Виходячи з цього, в зоні перегину арматурних стержнів зусилля розтягу в арматурі досягають великих значень, рівнодіючу яких сприймає бетон. Бетон під арматурним стержнем працює в умовах складного напруженого стану (рис.5,а).

Розроблено та досліджено спосіб виготовлення арматурних каркасів непрямолінійних залізобетонних конструкцій піврам за а.с. №681168. Для утворення арматурних каркасів спочатку виготовляють поздовжні та поперечні арматурні стержні, які збирають в прямолінійні секції 1 і 2, а потім з'єднують між собою за допомогою закладної деталі 3 шляхом приварювання (рис.5,б). Гнута сталева пластина 3 передає навантаження на бетон рівномірно по всій поверхні, не викликаючи концентрації напружень, при цьому виключається необхідність встановлення конструктивної арматури, що ускладнює армування вузла (рис.5,б), та дає можливість механізувати процес виготовлення арматурних каркасів для піврам (рис.6).

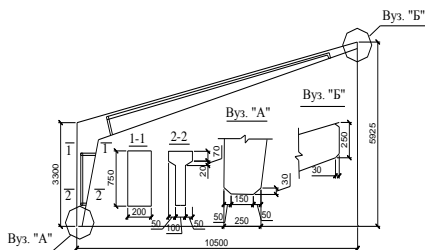


Рис.4. Суцільна піврама таврового перерізу

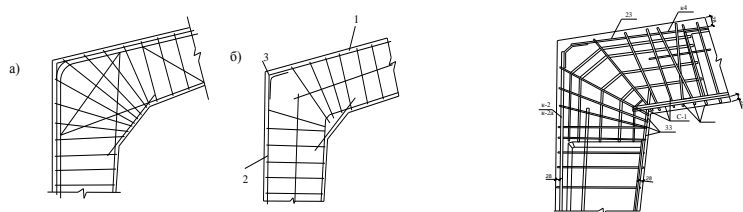


Рис.5. Армування вузла з'єднання ригеля зі стояком: а- гнутими арматурними стержнями; б- за допомогою гнутої закладної деталі; 1,2- арматурний каркас; 3- гнута закладна деталь

Рис. 6. Армування вузла з'єднання ригеля зі стояком в піврамах РЖ

Роздільний спосіб армування вузла спряження ригеля зі стояком в суцільних піврамах був використаний в складених піврамах. Вузол спряження ригеля зі стояком піврами розрізаний таким чином, щоб гнута закладна деталь залишалася в тілі бетону ригеля (рис.7) . Верх стояка має арматурні випуски, які при збірці піврами приварюють до гнутої закладної деталі по зовнішньому контуру, що сприймали значні розтягуючі зусилля, а по внутрішньому контуру здійснювали електрозварюванням закладних деталей з центруючою прокладкою ригеля і стояка, через які передаються великі стискаючі зусилля.

Таким чином, розрізка у вузлі сполучення ригеля зі стояком, зроблена з метою спрощення технології виготовлення і транспортування складених елементів, призвела до додаткової операції з укрупнювального складання. Разом з тим в Україні застосовують обидва типи залізобетонних піврам - суцільні і складені, які мають свої переваги і недоліки. Проведено вибір і обґрунтування складеної і суцільної піврам, класу бетону, форми перерізів ригелів і стояків піврам таврового перерізу, спрощеного армування піврам.

З метою спрощення конструкцій вузла спряження ригеля зі стояком розрізка елементів рами виконана під кутом, що забезпечує зведення дотичних напружень, які виникають у місцях розрізки, до таких мінімальних значень, при яких не потрібно додаткових конструктивних заходів для їх сприйняття (рис.7). Рішення вузла сполучення ригеля зі стояком без вута веде до подальшого спрощення ригеля і стояка (рис.8,9).

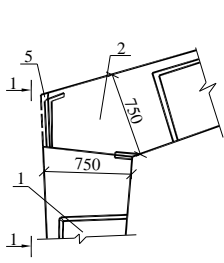


Рис.7. Конструкція з'єднання ригеля зі стояком піврами: 1-стояк; 2- ригель; 3- аматурні випуски; 4-закладна деталь; 5- цем. розчин

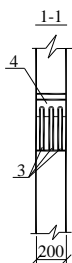


Рис.8. Схема армування елементів складеної піврами в зоні їх з'єднання з сітками підсилення

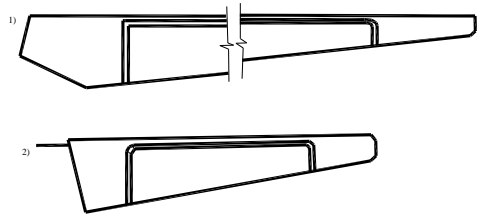
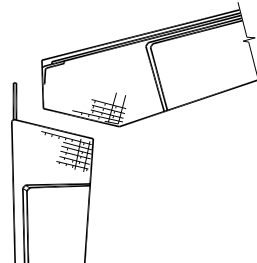


Рис.9. Елементи збірної піврами: 1- ригель; 2- стояк

Для того, щоб уникнути руйнування вузла сполучення ригеля зі стояком, останній повинний мати розміри гнутої закладної деталі, що задовольняють умові:

$$R_b A_q > R_s A_s \cos \alpha/2,$$

де: A_q - площа проекції закладної деталі на площину, що проходить через її кінці; R_b - розрахунковий опір бетону; R_s - розрахунковий опір арматури, привареної до гнутої закладної деталі; A_s - площа поперечного перерізу всіх стержнів, приварених до гнутої закладної деталі; α - кут згину гнутої закладної деталі.

Розроблені робочі креслення і номенклатура 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків шириною 18 і 21м з висотою стояків 3,3 і 3,6м під навантаження ригеля 7,5; 13,5; 16,0 кН/м. При розробці номенклатури піврам враховані результати випробувань складених та суцільних рамних каркасів і досвід їх виготовлення.

Розділ третій містить результати дослідження випробувань тришарнірних залізобетонних рам, зібраних із суцільних і складених піврам типу РЖ і РЖС таврового перерізу, які проводили з метою визначення їх фактичної несучої здатності, стійкості, жорсткості, тріщиностійкості, характеру і місць руйнування, а також для порівняння результатів випробування з даними розрахунку. Результати випробувань дозволили оцінити правильність прийнятої методики розрахунку залізобетонних рам.

Розроблено нова методика та стенди випробування натурних тришарнірних залізобетонних рам прольотом 21, 18, 12м за допомогою важілевої системи з навантаженнями штучними вантажами (рис.10); за допомогою підвішених до ригеля рами баків з водою (рис.11).

Завантаження ригеля рам проводили вісьма зосередженими силами, по 4 на кожному півпрольоті. Як вантажі використовували попередньо зважені залізобетонні перемички або фундаментні блоки.

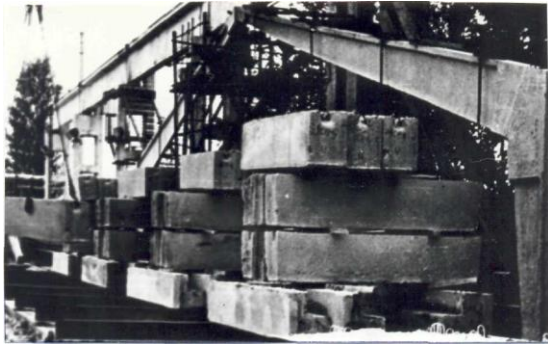


Рис. 10. Випробування рами завантаженням штучними вантажами

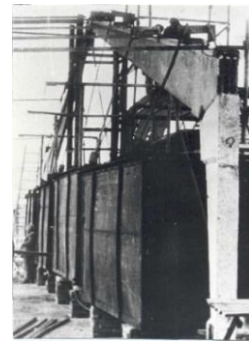


Рис. 11. Випробування рами завантаженням баками з водою

Нижче розглянуто результати випробувань 42 тришарнірних залізобетонних рам, які проводили у 13 ОНІЛ і лабораторіях заводів ЗБК та ЗБВ України.

За результатами проведених експериментально-теоретичних досліджень 42-х тришарнірних залізобетонних рам визначена їх фактична несуча здатність, стійкість, жорсткість і тріщиностійкість, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і діючим нормативним документам. При симетричному навантаженні розрахункові значення досягають зусиль в зоні карнизного вузла. При несиметричному – поблизу гребеневого вузла в зоні позитивного моменту.

Руйнування рамних конструкцій відбувалося в ригелі (21 рама), стояку (12рам) поблизу карнизного вузла, в ригелі в зоні позитивного моменту (6рам), в карнизному вузлі (3рами) з досягненням або текучості сталі в розтягнутій арматурі в нормальному перерізі до початку роздроблення стиснутої зони, або роздроблення бетону стиснутої зони в нормальному перерізі до початку текучості сталі, або розрив поздовжньої розтягнутої арматури (рис.12,13).

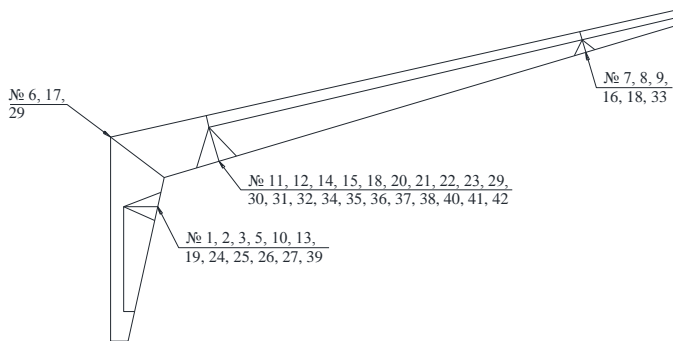


Рис.12. Узагальнена схема місць руйнування 42-х піврам



Рис.13. Тавровий стояк піврами після випробувань

Випробування рам **за міцністю** показало, що 34 рами відповідають ДСТУ: - за текучістю арматури ($\sigma > 1,25$) - 26 рам; - за роздробленням бетону стиснутої зони ($\sigma > 1,6$) - 8 рам. Рами (8 шт.) не відповідають вимогам норм за різних чинників: передчасного руйнування карнизного вузла внаслідок зниженої міцності бетону; сколювання бетону в зоні гребеневого вузла; руйнування піврами поблизу гребеневого вузла за похилим перерізом; роздроблення бетону стиснутої зони у місці переходу прямокутного перерізу ригеля в тавровий (у вуті), крихкого характеру зі втратою стійкості поздовжньої стиснутої арматури в стінці ригеля; розриву робочої арматури ригеля в стику ригеля зі стояком.

Випробування рам **за жорсткістю (деформаціями)** показало, що 38 рам відповідають СНиП, відносні прогини гребеневого шарніра менше $1/300$ прольоту рам. Рами (2 шт.) не в повній мірі відповідають вимогам норм.

Випробування рам **за тріщиностійкістю** показало, що 20 рам відповідають ДСТУ, ширина розкриття яких менше нормованих 0.15мм . Рами (11 шт) умовно відповідають вимогам норм. В відповідності до норм допускається перевищення контрольної ширини розкриття тріщин 0.15мм на 50%, тобто до 0.225мм . Тому тріщиностійкість цих рам на рівні розтягнутої арматури та у вуті можна вважати задовільною. Рами (13 шт.) не відповідають вимогам норм в карнизному вузлі (вуті), ширина розкриття яких складає від 0.3 до 0.5мм . Запропоновані рекомендації з покращення конструкцій піврам і технології виготовлення: встановлення додаткових поздовжніх стержнів по висоті перерізу ригеля і стояка рами, зменшення кроку поперечної арматури, встановлення поперечних сіток і стержнів в карнизному вузлі, що призвели до зменшення ширини розкриття тріщин до нормованих величин.

Таким чином, підтверджена доцільність методики розрахунку і принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і чинним нормам, що дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами до впровадження в будівництві.

Усього було отримано результати випробувань 42 рам, в тому числі 18 суцільних і 24 складених. В суцільних піврамах вузол спряження ригеля зі стояком (карнизний вузол) армується достатньо і доцільність розрахункового апарату визначається результатами випробування в основному суцільних піврам. Тому важливим є дослідження напруженого стану карнизного вузла складених рам та їх деформованість.

В складених рамах типу РЖС розрізання здійснювали в карнизному вузлі ближче до стояка, а в РЖУ – ближче до ригеля. В розтягнутій зоні ригель і стояк об'єднуються за допомогою зварювання випусків робочої арматури стояка в РЖС і ригеля в РЖУ до закладних деталей відповідно ригеля або стояка. Звідси в карнизному вузлі утворився сухий стик з штучною тріщиною, зусилля в якому в розтягнутій зоні сприймала робоча арматура, а в стиснутій – за допомогою закладних деталей ригеля і стояка. Бетон в роботі самого напруженого вузла спряження ригеля зі стояком рами не бере участі.

Зіставлення результатів випробування складених і суцільних піврам показало, що розрізка у вузлі спряження ригеля зі стояком не дає суттєвого впливу на міцність, жорсткість (деформованість) і тріщиностійкість піврам. При цьому слід зазначити, що значення ширини розкриття тріщин в карнизних вузлах складених піврам було дещо меншим, ніж і суцільних піврамах у зв'язку з наявністю однієї великої штучної тріщини в сухому стику карнизного вузла складеної піврами.

Випробування 6 піврам (для рам прольотом 9,12,18 і 21м) з висотою стояків 3,6; 4,2; 5,1м показали, що втрата їх несучої здатності відбувалась внаслідок досягнення текучості сталі розтягнутої арматури саме в сухому стику спряження ригеля зі стояком. Звідси, характеристики міцності арматурної сталі визначають несучу здатність складених піврам ($\sigma > 1,25$).

Аналіз впливу жорсткості карнизного вузла виконується зіставленням випробування суцільних і складених піврам. Переміщення гребеневого шарніру суцільних і складених піврам при нормативному навантаженні майже однакові. Отже, наявність сухого стику в вузлі спряження ригеля зі стояком не має суттєвого впливу на деформативність рам.

Розкріплення ригеля рами проводили кутниками на зварюванні по довжині через 1,5м в 14 рамах, через 1,8м в 2 рамах, через 3,0м в 11 рамах, усього в 27 рамах. Втрати місцевої або загальної стійкості елементів рами не спостерігалось

Четвертий розділ присвячений аналізу порівняння результатів теоретичних досліджень на ПК ЛІРА з даними експеримента.

У КНУБА проведено спеціальні дослідження з уточнення напружено-деформованого стану з'єднання ригеля зі стояком. Отримані експериментальні графіки напруження в арматурі сухого стику зі збільшенням навантаження, яке зіставлялось з теоретичним, обчисленим з рівняння моментів зовнішніх і внутрішніх сил відносно центра закладної деталі ригеля, розташованого в

стиснутій зоні. Дослідні і розрахункові значення напруження в арматурі близькі між собою, що підтверджує правильність розрахункових положень.

Порівняння результатів руйнуючих зусиль у тришарнірних залізобетонних рамах з високими стояками 5,1 і 5,7м, розрахованих за деформованою і недеформованою схемами, виявив, що руйнуюче зусилля, обчислене за недеформованою схемою, від 12 до 27%, а за деформованою схемою лише на 6% більше дослідного. Отже, урахування деформованої схеми рамного каркасу при розрахунку його міцності, жорсткості і тріщиностійкості більш точно відображає його дійсний напружено-деформований стан. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1-5,7м зростає деформативність рам, що дає суттєвий вплив на величину і розподілення зусиль в елементах рами.

Утворення штучного ексцентрициту, тобто зміщення шарнірного з'єднання від центру гребеневого вузла униз на відстань ексцентрициту $e=20-40\text{мм}$, дає зменшення величини згинаючого моменту в ригелях рами до 26-27% порівняно з конструкцією центрально – стиснутого гребеневого вузла рами. Наявність ексцентрициту дозволяє мінімізувати виникаючі згинальні моменти у ригелях і стояках рам та зменшити зусилля від дії експлуатаційних навантажень, які виникають у вузлах стику ригеля зі стояком.

Отримані результати розрахунку 42 рам на ПК ЛІРА та співставлення їх з експериментальними даними показують, що розбіжності між експериментальними та розрахунковими даними за міцністю та деформаціями знаходяться у межах 10 %.

В результаті розрахунку просторового каркасу будівлі з тришарнірних залізобетонних рам на ПК ЛІРА отримали макс. і мин. моменти M , нормальні сили N і поперечні сили Q , а також ізополі напружень по осям X , Y , Z при різних комбінаціях навантажень (рис.14,15,16).

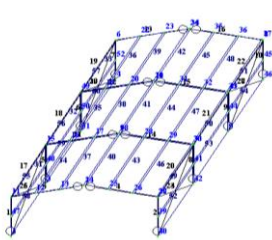


Рис.14. Просторова розрахункова модель будинку. Каркас з рам і плит

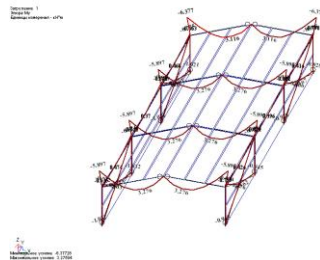


Рис.15. Результати розрахунку: Епюра M_y . Навантаження 1.
 $M_y \text{ min} = -6,38 \text{ кНм}$,
 $M_y \text{ max} = 3,28 \text{ кНм}$

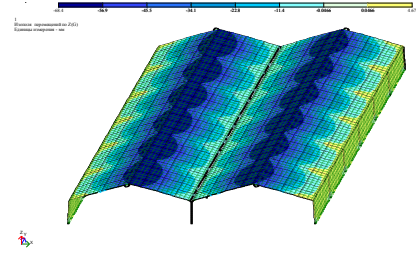


Рис.16. Переміщення рамного каркасу відповідно до осі Z

Норми рекомендують виконувати статичний розрахунок рам, які утворюють цю систему, за деформованою схемою з урахуванням непружних властивостей залізобетону.

П'ятий розділ містить досвід 15-ти розробок та застосування багатопрольотних та блокованих рамних каркасів. Застосований також принцип блокування однопрольотних каркасів із тришарнірних залізобетонних рам впритул або зі вставками.

Аналіз розрахункових і конструктивних схем багатопрольотного рамного каркаса показав, що однієї з можливих ефективних схем є схема із шарнірним з'єднанням у гребенях і п'ятах крайніх стояків замикаючих піврам і середніх стояків із защемленням у фундаменті. Такій розрахунковій схемі відповідає багатопрольотний рамний каркас, що може складатися з двох піврам типу РЖС, розташованих у крайніх прольотах, середніх стояків індивідуальної розробки і проміжних ригелів за типом використовуваних у піврамах РЖС.

Проведені розрахунки 3-, 4- і 5- прольотних схем на дію рівномірно-розподіленого навантаження при завантаженні їх по всій довжині каркаса і по черзі на кожному з півпрольотів каркасів. Аналізуючи епюри зусиль 3-, 4- і 5- прольотних рамних каркасів, слід відзначити приблизно однакові їх значення. Так, наприклад, моменти в карнизному вузлі крайнього стояка коливається від 30,0 до 31,0 тм, а у вузлі сполучення двох ригелів і середнього стояка - від 25,3 до 28,0 тм.

Розроблено варіант вузла сполучення ригелів із середнім стояком за а.с. №781287. Ригелі з'єднують зі стояком по типу піврам РЖС без зміни опалубних розмірів ригелів. З'єднання ригелів із середнім стояком здійснюються за допомогою зварювання закладних деталей ригелів з кінцем металевого двотавру №10, заанкереного в залізобетонний стояк. Використання стикового з'єднання дозволяє зменшити матеріаломісткість середнього стояка, знизити вартість на 15%, витрату бетону на 25% і витрату стали на 5%.

У зв'язку з тим, що багатопрольотний рамний каркас за своєю розрахунковою схемою є статично невизначеною конструкцією, система має здатність до перерозподілу зусиль. Тобто, якщо при пружному розрахунку зусилля в каркасі перевищує значення, при якому утворюється пластичний шарнір, то зусилля в рамі перерозподіляються на менше навантажені вузли.

Для зблокованих будівель запропоновані габаритні схеми багатопрольотного каркасу. Для цих схем використані будівлі прольотом 21м, у яких відмітка низу ригеля або балки дорівнює 3,0м, а для будівель прольотом 18м – 3,0; 3,6; 4,8 і 6,0м. Для однопрольотних будівель ця відмітка дорівнює відповідно 2,7; 3,0; 3,3; 3,6 і 4,8м. Таким чином, номенклатура для одно- і багатопрольотних будинків містить два типорозміру ригелів і шість типорозмірів стояків.

Ефективним типом каркасів одноповерхової багатопрольотної будівлі є конструкція залізобетонного рамного каркасу зі складених прямолінійних елементів по типу РЖС. Теоретично підтверджена можливість використання армування ригелів і крайнього стояка піврам РЖС-21-1600 для багатопрольотного рамного каркасу. Оснащення піврам РЖС-21-1600 і РЖС-18-1600 можна застосовувати у будівництві багатопрольотних каркасних будівель із прольотами 18 і 21м.

Аналіз результатів експериментально-теоретичних досліджень показує, що рами типу РЖС можна використовувати в блокованих рамних каркасах із вставкою. Спосіб використання вставки до карнизного вузла рами впливає на напружено-деформований стан і несучу здатність блокованого рамного каркасу. Шарнірно-нерухомий стан рам із вставкою знижує несучу здатність блокованого рамного каркасу на 13%, а шарнірно рухомий не впливає на її несучу здатність у порівнянні з окремо плоскою рамою. Отже, необхідно забезпечити вільне опирання і переміщення одного з кінців вставки.

ВИСНОВКИ

1. Рамні залізобетонні конструкції в нашій країні та за кордоном широко застосовують при будівництві сільськогосподарських та громадських будинків. Використання рамних конструкцій у каркасах будинків дозволяє застосовувати передову технологію і робить будинки універсальними. Рамні конструкції створюють необхідний простір в обсягах тваринницьких приміщень, підвищують ступінь збірності й знижують масу конструкцій будинків павільйонного типу. Найбільш економічними за витратами бетону і сталі у порівнянні з конструкціями стояково-балкової системи є залізобетонні тришарнірні рами таврового перерізу типу РЖ, РЖС прольотом 18 і 21м. Таврова форма поперечного перерізу ригелів і стояків піврам є найбільш економічною за матеріаломісткістю у порівнянні із прямокутним перерізом.

2. Аналіз статичної схеми рамного каркасу будинку дозволив зробити вибір й обґрунтування переваги варіанта тришарнірної рами у порівнянні з безшарнірною, одно і двошарнірною рамою. Проведений вибір й обґрунтування об'ємно-планувальних і конструктивних рішень рамних каркасів показав, що найменш матеріаломісткими й найбільш ефективними конструкціями є залізобетонні рами прольотом 18 й 21м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 й 3,6м. Обґрунтування розрахункових схем навантажень й удосконалення методики розрахунку тришарнірних рам для каркасних будинків за міцністю, жорсткістю і тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми геометричної й фізичної нелінійності варто проводити за програмою ПК ЛІРА.

3. Проведено вибір й обґрунтування ефективності складеної й суцільної піврам, класу бетону, таврової форми перерізу ригелів і стояків піврам, спрощення армування піврам з урахуванням виготовлення їх у касетних формах. Армування вузла сполучення ригеля зі стояком суцільних і складених піврам значно спрощується при застосуванні роздільного способу армування з використанням гнutoї закладної деталі за а.с.№681168. Розрізання піврам

у вузлі сполучення ригеля зі стояком зроблено з метою спрощення технології виготовлення й транспортування складених елементів, призводить до додаткової операції з укрупнювального складання. Разом з тим в Україні застосовують обидва типи залізобетонних піврам - суцільні й складені, які мають свої переваги й недоліки.

Розроблено новий спосіб виготовлення арматурного каркасу рам за а.с. №1813860A1; нового обладнання для монтажу рамних каркасів будівель за а.с. №1738979A1; нове конструктивне рішення рами залізобетонного каркаса будівлі за а.с. №1028811A1 і №815182A1; нове стикове з'єднання стояка з ригелем (карнизний вузол) за а.с. №1661318A1 і №781287A1; нове стикове з'єднання ригелей (гребеневий вузол) за а.с. №1707153A1 і №1726682A1. Показано, що на вибір розрахункового перерізу рами та на розрахункове значення згинального моменту впливають конструктивні рішення і розміри карнизного та гребеневого вузлів. Розроблено робочі креслення й номенклатура 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків шириною 18 й 21м з висотою стояка 3,3 й 3,6м під уніфіковані навантаження 7,5, 13,5, 16,0 кН/м ригеля з урахуванням снігових районів України.

4. Результати проведених експериментально-теоретичних досліджень свідчать, що тришарнірні залізобетонні рами РЖ і РЖС та інших типів відповідають нормативним вимогам за міцністю, жорсткістю й тріщиностійкістю. Зіставлення результатів розрахунку й досліду показало задовільну їхню збіжність. Оцінена достовірність методики розрахунку й принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлених піврам вимогам проекту й діючих норм. Запропоновано рекомендації з поліпшення конструкцій піврам і технології їх виготовлення. Все це дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами РЖ і РЖС до впровадження в будівництво в Україні.

Експериментальне дослідження рам РЖ і РЖС показало надійність армування вузла сполучення ригеля зі стояком з використанням гнutoї закладної деталі. Випробування рам показує, що карнизний вузол у складених піврамах за допомогою сухого зварного стику не впливає на деформованість рам. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1-5,7м зростає деформованість рам, що впливає на величину і розподіл зусиль в елементах рами.

5. Найбільш економічним рішенням залізобетонного каркасу одноповерхового багатопрольотного будинку виробничого призначення є рамний каркас, що складається з лінійних елементів по типу РЖС із беззварними з'єднаннями у вузлових стиках і ефективними покриттями на основі азбестоцементних полегшених плит. Теоретично підтверджена можливість використання армування ригелів і крайнього стояка піврам РЖС-21 для багатопрольотного рамного каркасу. Оснащення піврам РЖС-21 і РЖС-18 можна застосовувати у будівництві багатопрольотних каркасних будинків із прольотами 18 й 21м.

Аналіз результатів експериментально-теоретичних досліджень показав, що рами типу РЖС можна використати в блокованих рамних каркасах із вставкою. Спосіб кріплення вставки до карнизного вузла рам впливає на напружено-деформований стан і несучу здатність блокованого рамного каркасу. Шарнірно-нерухомий вузол рам із вставкою знижує несучу здатність блокованого рамного каркасу на 13%, а шарнірно - рухомий не впливає на її несучу здатність у порівнянні з окремою рамою. Необхідно забезпечити вільне обпирання й переміщення одного з кінців вставки.

Списк використаних джерел

1. Першаков В.М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам: Монографія / В. М. Першаков - Киев: Книжкове видавництво НАУ. -2007. - 301с.
2. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие / [Боговик В. Е., Гензерский Ю. В., Гераймович Ю. Д., и др.]. -К.: Из-во ФАКТ, 2008. - 280 с.
3. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). Видання офіційне. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. -К.: 1997. - 11 с. Чинний від 1996.01.10.

Приведено досвід використання ефективних тришарнірних залізобетонних рам прольотом 18 і 21м в сільськогосподарському будівництві України, Росії, Молдавії, Казахстану, а також зарубіжжя, дана оцінка ефективності їх використання. Викладені особливості методів розрахунку, конструювання та експериментального дослідження тришарнірних залізобетонних рам.

Приведен опыт использования эффективных трехшарнирных железобетонных рам прольотом 18 и 21м в сельскохозяйственном строительстве Украины, России, Молдавии, Казахстана, а также зарубежья, дана оценка эффективности их использования. Изложены особенности методов расчета, конструирования и экспериментального исследования трехшарнирных железобетонных рам.



П Е Р Ш А К О В Валерій Миколайович
Професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів
Інституту аеропортів Національного авіаційного університету,
доктор технічних наук, ст. науковий співробітник,
член-кореспондент Академії будівництва України

тел.сл.+38(044)406-72-89, д.270-09-51, м. 068-352-19-43 E-mail:pershakov@nau.edu.ua
 03110, Київ-110, вул. Клименко 28, кв. 91.

Народився 8 травня 1943р. у м. Мідногорську (Росія). У 1966р. закінчив інженерно-будівельний факультет Казахського політехнічного інституту за спеціальністю „Промислове і цивільне будівництво”.

Працював у КазпромбудНДІпроекті Мінчермету КазРСР: інженер (1966), молодший науковий співробітник (1966-1968). З 1968 по 1971 рр. аспірант Науково-дослідного інституту бетону та залізобетону Держбуду СРСР (м. Москва). У 1972-1973 рр. молодший науковий співробітник УкрНДІдіпросільгосп Мінсільгоспу УРСР, у 1973-1977рр. старший науковий співробітник цього інституту. У 1977р. керівник сектору УкрНДІпротівільсільбуд Держбуду УРСР, з 1977 по 1982 рр. завідувач відділу цього інституту.

З 1982р. доцент кафедри будинків та споруд аеропортів факультету аеропортів Київського інституту інженерів цивільної авіації (з 2000р.- Національний авіаційний університет), з 2002 р.- доцент, з 2007р. -професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва, а з 2010р. -професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Іституту аеропортів НАУ.

У 1986-1992 рр. декан факультету аеропортів, у 1997-1999 рр. заступник декана з навчальної роботи факультету аеропортів, у 2001-2002рр. заступник декана з навчально-виробничої роботи факультету аеропортів.

У 1973р. захистив кандидатську дисертацію "Особливості роботи коротких колон з малими ексцентрицитетами" за спеціальністю "Будівельні конструкції, будинки та споруди". У 2012р. захистив докторську дисертацію "Створення ефективних типів залізобетонних рамних конструкцій з несучими елементами змінного перерізу". Наукові дослідження пов'язані з вивченням теоретичних та експериментальних питань

будівельних залізобетонних конструкцій промислових, цивільних та сільськогосподарських споруд.

Нагороджений медалями “В пам'ять 1500-летия Киева” (1983), “Ветеран праці” (1989), почесним знаком “Изобретатель СССР” (1985), почесною грамотою Міністерства освіти та науки України (2001), почесним знаком “Відмінник освіти України” (2003), нагрудним знаком «За сумлінну працю» (2008), нагрудним знаком "Ветеран НАУ"(2011).

Автор 200 наукових праць, в том числі один підручник з грифом МОН, 13 навчальних посібників, 4 монографії, 5 каталогів, 17 авторських свідоцтв та патентів, 19 методичних вказівок. Учасник 40 міжнародних та регіональних наукових конференцій.

Основні опубліковані праці :

1. Pershakov V.M. Reinforced concrete and stone structures / Залізобетонні та кам'яні конструкції: Textbook / підручник. -К.: НАУ , 2009.-328 р. (Гриф МОН України. Лист 1.4/18-Г-79 від 10.01.2009р.)
2. Першаков В.М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам. Монографія. - К.: НАУ. - 2007. -301с.